

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-196921
(43)Date of publication of application : 15.07.1994

(51)Int.Cl. H01Q 3/26
G01S 7/02
G01S 7/28
G01S 7/36
// H01Q 3/38

(21)Application number : 05-217321 (71)Applicant : A T R KOUDENPA TSUSHIN
KENKYUSHO:KK
(22)Date of filing : 01.09.1993 (72)Inventor : CHIBA ISAMU
FUJISE MASAYUKI

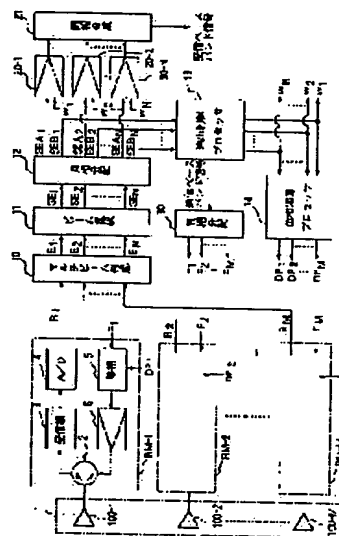
(30)Priority
Priority number : 04289954 Priority date : 28.10.1992 Priority country : JP

(54) METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING ARRAY ANTENNA

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide array antenna control method and device capable of properly controlling the radiation pattern of a transmitting signal even when the frequency of a receiving signal is different from that of the transmitting signal.

CONSTITUTION: At first N beam field values are operated based upon M receiving signals received by M antenna elements 100-1 to 100-M in an array antenna, the directions of respective main beams of prescribed N beams to be formed and receiving frequency, only beam field values more than a threshold out of the N beam field values are selected and outputted, the weight of N receiving signals for directing the main beams to the arriving direction of a required wave and setting up the receiving levels of the arriving directions of unrequired waves to zero is computed, based upon the outputted beam field values and at least one of M phase shifting values and M amplitude values for a transmitting signal for directing the main beam to the arriving direction of the required wave and setting up the transmission level of the arriving direction of an unnecessary wave to zero is computed and set up to control the radiation pattern of the transmitting signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.09.1993
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 23.07.1996
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 2635503
[Date of registration] 25.04.1997

[Number of appeal against examiner's decision 08-14266
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's 22.08.1996
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-196921

(43)公開日 平成6年(1994)7月15日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 Q 3/26

G 0 1 S 7/02

7/28

7/36

識別記号

Z

E

F

Z

庁内整理番号

7015-5J

8940-5J

8940-5J

8940-5J

8940-5J

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 4 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-217321

(22)出願日 平成5年(1993)9月1日

(31)優先権主張番号 特願平4-289954

(32)優先日 平4(1992)10月28日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000127662

株式会社エイ・ティ・アール光電波通信研究所

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地

(72)発明者 千葉 勇

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地

株式会社エイ・ティ・アール光電波通信研究所内

(72)発明者 藤瀬 雅行

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地

株式会社エイ・ティ・アール光電波通信研究所内

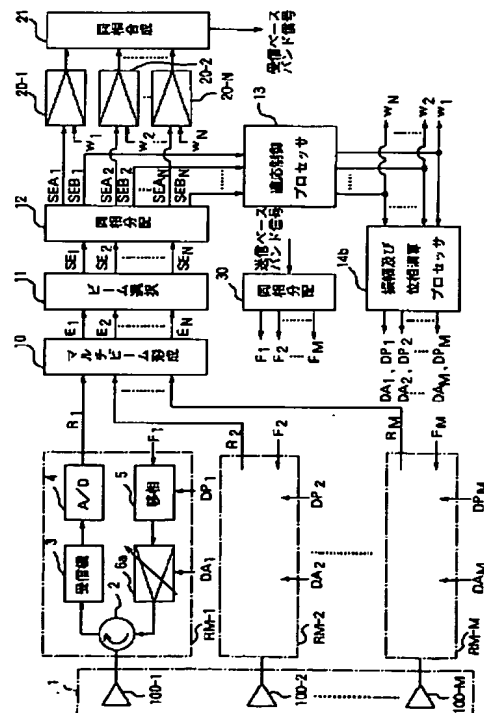
(74)代理人 弁理士 青山 葆 (外2名)

(54)【発明の名称】 アレーアンテナの制御方法及び制御装置

(57)【要約】

【目的】 受信信号と送信信号の各周波数が異なっても送信信号の放射パターンを適応制御することができるアレーアンテナの制御方法及び制御装置を提供する。

【構成】 アレーアンテナの複数M個のアンテナ素子で受信された複数M個の受信信号と形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信周波数とに基づいて複数N個のビーム電界値を演算し、それらの中でしきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力し、出力されるビーム電界値に基づいて主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信レベルを零にするような受信信号に対する複数N個のウェイトを演算し、各ウェイトと送信周波数とに基づいて主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信レベルを零にするような送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定することによって送信信号の放射パターンを制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の配置形状で近接して並置された所定の複数M個のアンテナ素子からなるアレーアンテナを制御するための制御方法であって、

上記アレーアンテナの各アンテナ素子でそれぞれ受信された複数M個の受信信号と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められた形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信信号の受信周波数とに基づいて、上記複数N個のビーム電界値を演算する第1のステップと、

上記演算された上記複数N個のビーム電界値を所定のしきい値と比較することによって、当該しきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力する第2のステップと、上記選択されて出力されるビーム電界値に基づいて上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような上記複数N個のビームにそれぞれ対応する、受信信号に対する複数N個のウェイトを演算する第3のステップと、

上記演算された受信信号に対する複数N個のウェイトと送信信号の送信周波数とに基づいて、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような上記各アンテナ素子に対応する、送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定することによって、上記アレーアンテナの送信信号の放射パターンを制御する第4のステップとを含むことを特徴とするアレーアンテナの制御方法。

【請求項2】 所定の配置形状で近接して並置された所定の複数M個のアンテナ素子からなるアレーアンテナを制御するための制御装置であって、

上記アレーアンテナの各アンテナ素子でそれぞれ受信された複数M個の受信信号と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められた形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信信号の受信周波数とに基づいて、上記複数N個のビーム電界値を演算するマルチビーム形成手段と、

上記マルチビーム形成手段によって演算された上記複数N個のビーム電界値を所定のしきい値と比較することによって、当該しきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力するビーム選択手段と、

上記ビーム選択手段から出力されるビーム電界値に基づいて上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような上記複数N個のビームにそれぞれ対応する、受信信号に対する複数N個のウェイトを演算する適応制御手段と、

上記適応制御手段によって演算された複数N個のウェイトと送信信号の送信周波数とに基づいて、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波

の到来方向の送信信号のレベルを零にするような上記各アンテナ素子に対応する、送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定する演算手段とを備えたことを特徴とするアレーアンテナの制御装置。

【請求項3】 上記制御装置はさらに、上記演算手段によって演算された複数M個の移相量だけそれぞれ、上記各アンテナ素子に対応して送信信号を移相して上記アレーアンテナに出力する移相手段と、上記演算手段によって演算された複数M個の振幅量だけそれぞれ、上記各アンテナ素子に対応して送信信号の振幅量を変更して上記アレーアンテナに出力する振幅変更手段とのうちの少なくとも一方を備えたことを特徴とする請求項2記載のアレーアンテナの制御装置。

【請求項4】 上記制御装置はさらに、上記ビーム選択手段から出力されるビーム電界値を示す各信号を、上記適応制御手段によって演算された受信信号に対する複数N個のウェイトに比例する利得で増幅する増幅手段と、

上記増幅手段によって増幅された各信号を同相で合成する合成手段とを備えたことを特徴とする請求項3記載のアレーアンテナの制御装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、アレーアンテナの制御方法及び制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図6に、特開昭63-167287号公報に開示された従来例のフェーズドアレーレーダ装置を示す。

【0003】 図6において、アレーアンテナ1は、複数M個のアンテナ素子100-1乃至100-Mが例えば1直線上に並置されてなり、各アンテナ素子100-1乃至100-Mに接続された各送受信モジュールRM-1乃至RM-Mはそれぞれ、送受共用器として用いられるサーキュレータ2と、周波数変換器と復調器とを備える受信機3と、アナログ/デジタル変換器（以下、A/D変換器という。）4と、送信信号を設定された移相量だけ移相させる移相器5と、高周波の送信信号を増幅して送信する送信用高周波高出力増幅器（以下、高出力増幅器という。）6とを備える。

【0004】 送信パルス分割分配回路101は発振回路（図示せず。）発振回路から所定の変調方式により変調されて送出される送信パルスをM個のサブパルスに分割して各送受信モジュールRM-1乃至RM-Mの移相器5に出力する。一方、目標方位と距離情報が送信ビーム制御回路102に入力され、当該回路102はこれらの情報に基づいて各送受信モジュールRM-1乃至RM-Mの移相器5の移相量を演算して出力する。この状態で送信パルスを目標物体に放射すると、放射された送信パ

ルスが目標物体にあたると反射される。このときの反射信号は、アレーアンテナ1によって受信された後サークキュレータ2を介して受信機3に入力され、受信機3によって中間周波信号に復調され、さらにA/D変換器4によって受信デジタル信号に変換される。

【0005】分配回路400は上記各送受信モジュールRM-1乃至RM-Mから出力される受信デジタル信号を1つの組として複数N個の信号に分配して、各分配した受信デジタル信号を第1乃至第Nビーム形成回路500-1乃至500-Nに出力する。これらビーム形成回路500-1乃至500-Nは上記受信デジタル信号R₁乃至R_Mを用いてそれらの振幅及び位相をそれぞれ所定の方法により制御することによって、それぞれ所望の方向への受信ビームを各々に形成して、N個の受信ビーム信号B₁乃至B_Nとして出力する。ここで、ビーム形成回路500-1乃至500-Nにおいては、目標物体以外の方向から到来した不要波の影響を除去する処理を行い、目標物体からの反射波のみを拾い出して目標物体の方向と距離などを検出する。

【0006】当該従来例における不要波の除去の方法として、図7に示すように、全アンテナ素子を用いて形成した主ビームと1対のアンテナ素子によって構成された補助ビームを逆相にして重畳し、希望波の到来方向に主ビームを向けかつ不要波の到来方向に放射パターンの零点を形成する方法が用いられている。

【0007】送信信号は移相器5によって位相制御される一方、受信信号については各アンテナ素子で受信した信号をデジタル化してビーム形成するのは、以下の理由による。すなわち、送信信号は遠方にある目標物体までの電波を放射する必要があるために、高出力増幅器6によって送信信号を増幅する必要がある。

【0008】図8に従来例の高出力電力増幅器の入出力特性を示す。図8から明らかなように、高出力増幅器6を効率良く使用するためには、その増幅率が一定である飽和領域を用いる必要がある。すなわち、高出力増幅器6の増幅率は一定の値で使用されるために、位相のみが制御可能となる。従って、送信においては送信信号をデジタル化する必要が無く、送信信号は移相器5によって位相制御される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来例のフェーズドアレーレーダ装置の制御装置は、主としてレーダへの応用を目的としているため、受信信号と送信信号の周波数の違いは考慮されていなかった。しかしながら、衛星通信などでは、通常、受信信号と送信信号の各周波数は10%程度異なっており、上述の従来例の方法をそのまま適用すると、受信信号に基づいて送信信号の位相を適応制御することができず、例えば、(a) 所望の方向に主ビームを向けることができない、(b) 干渉波などの不要波の影響を大きく受けるという問題点があった。

【0010】また、従来例に示すように、不要波の除去は受信信号に対してのみ行われていた。上述のレーザ装置などでは、目標物体に強い電波を放射すればよく、送信信号を所定の方向のみに放射するだけでよかった。しかしながら、衛星通信では送信信号を歪無く受信する必要があり、S/Nの良好な回線を構成する必要があるとともに、受信時において不要波の到来方向に放射パターンの零点を形成したならば、送信時にも同一の放射パターンで送信信号を放射する必要がある。

【0011】本発明の目的は以上の問題点を解決し、受信信号と送信信号の各周波数が異なっているにもかかわらず、送信信号の放射パターンを適応制御することができるアレーアンテナの制御方法及び制御装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る請求項1記載のアレーアンテナの制御方法は、所定の配置形状で近接して並置された所定の複数M個のアンテナ素子からなるアレーアンテナを制御するための制御方法であって、上記アレーアンテナの各アンテナ素子でそれぞれ受信された複数M個の受信信号と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められた形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信信号の受信周波数とに基づいて、上記複数N個のビーム電界値を演算する第1のステップと、上記演算された上記複数N個のビーム電界値を所定のしきい値と比較することによって、当該しきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力する第2のステップと、上記選択されて出力されるビーム電界値に基づいて上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような上記複数N個のビームにそれぞれ対応する、受信信号に対する複数N個のウェイトを演算する第3のステップと、上記演算された受信信号に対する複数N個のウェイトと送信信号の送信周波数とに基づいて、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような上記各アンテナ素子に対応する、送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定することによって、上記アレーアンテナの送信信号の放射パターンを制御する第4のステップとを含むことを特徴とする。

【0013】また、本発明に係る請求項2記載のアレーアンテナの制御装置は、所定の配置形状で近接して並置された所定の複数M個のアンテナ素子からなるアレーアンテナを制御するための制御装置であって、上記アレーアンテナの各アンテナ素子でそれぞれ受信された複数M個の受信信号と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められた形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信信号の受信周波数とに基づいて、上記複数N個のビーム電界値を演算するマルチビーム形成手段と、上記マルチビーム形成手段に

よって演算された上記複数N個のビーム電界値を所定のしきい値と比較することによって、当該しきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力するビーム選択手段と、上記ビーム選択手段から出力されるビーム電界値に基づいて上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような上記複数N個のビームにそれぞれ対応する、受信信号に対する複数N個のウェイトを演算する適応制御手段と、上記適応制御手段によって演算された複数N個のウェイトと送信信号の送信周波数とに基づいて、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような上記各アンテナ素子に対応する、送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定する演算手段とを備えたことを特徴とする。

【0014】さらに、請求項3記載のアレーアンテナの制御装置は、請求項2記載のアレーアンテナの制御装置において、さらに、上記演算手段によって演算された複数M個の移相量だけそれぞれ、上記各アンテナ素子に対応して送信信号を移相して上記アレーアンテナに出力する移相手段と、上記演算手段によって演算された複数M個の振幅量だけそれぞれ、上記各アンテナ素子に対応して送信信号の振幅量を変更して上記アレーアンテナに出力する振幅変更手段とのうちの少なくとも一方を備えたことを特徴とする請求項2記載のアレーアンテナの制御装置。

【0015】またさらに、請求項4記載のアレーアンテナの制御装置は、請求項3記載のアレーアンテナの制御装置において、さらに、上記ビーム選択手段から出力されるビーム電界値を示す各信号を、上記適応制御手段によって演算された受信信号に対する複数N個のウェイトに比例する利得で増幅する増幅手段と、上記増幅手段によって増幅された各信号を同相で合成する合成手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】

【作用】請求項1記載のアレーアンテナの制御方法においては、上記アレーアンテナの各アンテナ素子でそれぞれ受信された複数M個の受信信号と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められた形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信信号の受信周波数とに基づいて、上記複数N個のビーム電界値を演算する。次いで、上記演算された上記複数N個のビーム電界値を所定のしきい値と比較することによって、当該しきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力する。さらに、上記選択されて出力されるビーム電界値に基づいて上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような上記複数N個のビームにそれぞれ対応する、受信信号に対する複数N個のウェイトを演

算する。またさらに、上記演算された受信信号に対する複数N個のウェイトと送信信号の送信周波数とに基づいて、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような上記各アンテナ素子に対応する、送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定することによって、上記アレーアンテナの送信信号の放射パターンを制御する。従って、上記アレーアンテナから放射される送信信号の放射パターンは、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような放射パターンであり、希望波を所定の相手方の無線局に対して、不要波の影響を抑圧して送信信号を放射することができる。

【0017】また、請求項2記載のアレーアンテナの制御装置においては、上記マルチビーム形成手段は、上記アレーアンテナの各アンテナ素子でそれぞれ受信された複数M個の受信信号と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められた形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信信号の受信周波数とに基づいて、上記複数N個のビーム電界値を演算する。次いで、上記ビーム選択手段は、上記マルチビーム形成手段によって演算された上記複数N個のビーム電界値を所定のしきい値と比較することによって、当該しきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力する。さらに、上記適応制御手段は、上記ビーム選択手段から出力されるビーム電界値に基づいて上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような上記複数N個のビームにそれぞれ対応する、受信信号に対する複数N個のウェイトを演算する。またさらに、上記演算手段は、上記適応制御手段によって演算された複数N個のウェイトと送信信号の送信周波数とに基づいて、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような上記各アンテナ素子に対応する、送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定する。これによって、上記アレーアンテナの送信信号の放射パターンを制御する。従って、上記アレーアンテナから放射される送信信号の放射パターンは、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような放射パターンであり、希望波を所定の相手方の無線局に対して、不要波の影響を抑圧して送信信号を放射することができる。

【0018】さらに、請求項3記載のアレーアンテナの制御装置においては、上記移相手段は、上記演算手段によって演算された複数M個の移相量だけそれぞれ、上記各アンテナ素子に対応して送信信号を移相して上記アレーアンテナに出力する一方、上記振幅変更手段は、上記

演算手段によって演算された複数 M 個の振幅量だけそれぞれ、上記各アンテナ素子に対応して送信信号の振幅量を変更して上記アレーアンテナに出力する。これによって、上記アレーアンテナの送信信号の上述の放射パターンを形成することができる。

【0019】またさらに、請求項4記載のアレーアンテナの制御装置においては、上記増幅手段は、上記ビーム選択手段から出力されるビーム電界値を示す各信号を、上記適応制御手段によって演算された受信信号に対する複数 N 個のウェイトに比例する利得で増幅し、次いで、上記合成手段は、上記増幅手段によって増幅された各信号を同相で合成する。従って、上記アレーアンテナによって受信された受信信号の放射パターンは、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような放射パターンであり、所定の相手方の無線局からの希望波を、不要波の影響を抑圧して受信することができる。

【0020】

【実施例】以下、図面を参照して本発明に係る実施例について説明する。

【0021】<第1の実施例>図1は、本発明に係る第1の実施例であるアレーアンテナの制御装置のブロック図であり、図1において、図6のものと同一のものについては同一の符号を付している。本実施例の制御装置は、所定の配置形状で近接して並置された所定の複数 M 個のアンテナ素子 $100-1$ 乃至 $100-M$ （以下、代表して符号 100 を付す。）からなるアレーアンテナ1を制御するための制御装置であって、図1に示すように、(a)各送受信モジュール $RM-1$ 乃至 $RM-M$ （以下、代表して符号 $RM-m$ を付す。）のA/D変換器4から出力される受信デジタル信号 R_1 乃至 R_M （以下、代表して符号 R_m を付す。）と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められた形成すべき所定の複数 N 個のビームの各主ビームの方向を表す方向ベクトル d_n と、受信信号の受信周波数 f_r とに基づいて複数 N 個のビーム電界値 E_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ）を演算して出力するマルチビーム形成回路10と、(b)マルチビーム形成回路10から出力される複数 N 個のビーム電界値 E_n を、アレーアンテナ1のサイドローブのレベルと適応制御プロセッサの処置速度などから予め決定されるしきい値と比較して、当該しきい値以上のビーム電界値 SEA_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ；ただし、しきい値未満のビーム電界値についてはデータとして出力されない。）のみを選択して出力するビーム選択回路11と、(c)ビーム選択回路11から出力されるビーム電界値 SEA_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ）をそれぞれ同相で分配して一方のビーム電界値 SEA_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ）と他方のビーム電界値 SEB_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ）を出力する同相分配回路12と、(d)例えば従来のコンスタント・モジュラス・アルゴリズム（以

下、CMアルゴリズムという。）を用いて、同相分配回路12から出力される一方のビーム電界値 SEA_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ）に基づいて、アレーアンテナ1の主ビームを希望波の所望の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような各ビームに対応する受信信号に対する複数 N 個のウェイト w_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ）を演算して位相演算プロセッサ14と可変利得増幅器20-1乃至20-N

（以下、代表して符号20-nを付す。）とに出力する適応制御プロセッサ13と、(e)適応制御プロセッサ13から出力される複数 N 個のウェイト w_n （ $n=1, 2, \dots, N$ ）と、送信信号の送信周波数 f_t とに基づいて、アレーアンテナ1の主ビームを希望波の所望の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向の送信レベルを零にするような各アンテナ素子100に対応する送信信号に対する移相量 DP_1 乃至 DP_M （以下、代表して符号 DP_m を付す。）を演算して各送受信モジュール $RM-m$ の移相器5に出力する位相演算プロセッサ14とを備えたことを特徴としている。

【0022】アレーアンテナ1の各アンテナ素子100に接続された受信モジュール $RM-m$ はそれぞれ、従来例と同様に、送受共用器として用いられるサーキュレータ2と、周波数変換器と復調器とを備える受信機3と、A/D変換器4と、送信信号を設定された移相量だけ移相させる移相器5と、高周波の送信信号を増幅して送信する高出力増幅器6とを備える。

【0023】送信ベースバンド信号は同相分配器30に入力され、同相分配器30は入力された送信ベースバンド信号を複数 M 個の送信信号 F_1 乃至 F_M （以下、代表して符号 F_m を付す。）に同相で分配してそれぞれ各送受信モジュール $RM-m$ の移相器5に出力する。移相器5は、詳細後述する位相演算プロセッサ14によって演算された移相量 DP_m だけ移相した後、高出力増幅器6とサーキュレータ2とを介してアレーアンテナ1内のアンテナ素子100に出力して当該送信信号を放射する。

【0024】アレーアンテナ1内の各アンテナ素子100で受信された受信信号は、各送受信モジュール $RM-m$ のサーキュレータ2を介して受信機3に入力される。受信機3は入力された受信信号を所定の中間周波数を有する中間信号に周波数変換しかつ所定の復調処理を行った後、復調後の受信信号をA/D変換器4を介して受信デジタル信号 R_m としてマルチビーム形成回路10に出力する。

【0025】マルチビーム形成回路10には各送受信モジュール $RM-m$ のA/D変換器4からの受信デジタル信号が入力され、以下のようにして、複数 N 個のビームからなるマルチビームの各ビーム電界値 E_n を演算してビーム選択回路11に出力する。希望波の到来方向に対応し、形成すべきマルチビームの各ビームの複数 N 個の方向が予め決められ、これらの方向は所定の原点から見

たときの方向ベクトル d_1, d_2, \dots, d_N (以下、代表して符号 d_n を付す。)で表される。ここで、 N は、アレーアンテナ1を用いて希望波を受信することができるように設定される方向ベクトル d_n の数であって、好ましくは4以上 ($N=4$ の場合を図3に示す。)であってかつアンテナ素子100の数 M 以下の数である。アレーアンテナ1のアンテナ素子100が例えば図2に示すように $X-Y$ 平面上で互いに半波長だけ離れかつ 4×4 のマトリックス形状で並置されているとき、放射方向の中心は Z 軸であって、本実施例において、放射角度とは、

$$E_n = \sum_{m=1}^M \exp [j (a_{nm})] \cdot R_m, \quad n=1, 2, \dots, N$$

【数2】 $a_{nm} = - (2\pi \cdot f r / c) \cdot (d_n \cdot r_m)$
ここで、 c は光速であり、 $(d_n \cdot r_m)$ は方向ベクトル d_n と位置ベクトル r_m との内積である。従って、位相 a_{nm} はスカラー量である。

【0027】次いで、ビーム選択回路11は、マルチビーム形成回路10から出力される複数 N 個のビーム電界値 E_n を、アレーアンテナ1のサイドローブのレベルと適応制御プロセッサの処置速度などから決定されるしきい値と比較して、当該しきい値以上のビーム電界値 SE_n ($n=1, 2, \dots, N$; ただし、しきい値未満のビーム電界値についてはデータとして出力されない。)のみを同相分配回路12に出力する。なお、ビーム選択回路11は、受信信号のレベルが極めて低く S/N の劣悪な受信信号を除去するために設けられる。

【0028】さらに、同相分配回路12は、ビーム選択回路11から出力されるビーム電界値 SE_n ($n=1, 2, \dots, N$)をそれぞれ同相で分配して、一方のビーム電界値 SEA_n ($n=1, 2, \dots, N$)を適応制御プロセッサ13に出力するとともに、他方のビーム電界値 SEB_n ($n=1, 2, \dots, N$)をそれぞれ、適応制御プロセッサ13によって演算される受信信号のウェイト w_n に対応した利得で入力される受信信号を増幅する可変増幅増幅器20-1乃至20-N (以下、代表して符号20を付す。)を介して同相合成器21に出力する。次いで、同相合成器21は入力される複数 N 個の受信信号を同相で合成して、合成した受信信号を受信ベースバンド信号として出力する。

【0029】次いで、適応制御プロセッサ13は、例えば従来のCMアルゴリズム (例えば、詳しくは、大鐘武雄ほか「陸上移動通信におけるCMAアダプティブアレーの選択性フェージング補償特性」電子情報通信学会論文誌, Vol. J73-B-II, No. 10, pp 489-497参照。)を用いて、同相分配回路12から出力される一方のビーム電界値 SEA_n ($n=1, 2, \dots, N$)に基づいてアレーアンテナ1の主ビームを希望波の所望の方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向の受信レベルを零にするような各ビームに対応する受

$X-Z$ 平面において Z 軸からの角度をいう。また、アレーアンテナ1の各アンテナ素子100の位置ベクトル r_1, r_2, \dots, r_M (以下、代表して符号 r_m を付す。)が上記所定の原点から見たときの方向ベクトルとして予め決められる。そして、マルチビーム形成回路10は次の数1を用いて、それぞれ合成電界で表された上記各方向ベクトル d_n に対応する複数 N 個のビーム電界値 E_n を演算してビーム選択回路11に出力する。

【0026】

【数1】

信信号に対する複数 N 個のウェイト w_n ($n=1, 2, \dots, N$)を以下のようにして演算する。すなわち、このCMアルゴリズムは、以下に述べるように、包絡線が既知である希望波の信号波を用いた通信方式において、干渉波などの不要波の影響によって変化した包絡線の波形を所望の形に変換することによって不要波の到来方向の当該アレーアンテナ1の放射パターンにおける受信レベルを零にするものである。

【0030】いま、 n 番目のビームの時刻 t における受信信号を X_n^t ($n=1, 2, \dots, N$)とすると、受信信号 X_n^t に印加すべき複素ウェイト w_n^t とする。ここで、アレーアンテナ1を用いて合成した合成電界 Y は、次の数3で表すことができる。

【数3】

$$Y = \sum_{n=1}^N w_n^t \cdot X_n^t$$

【0031】ここで、簡単のために信号波の所望の包絡線の形状を予め決められた一定値 P_0 であるとする、合成電界の信号の包絡線を一定値 P_0 とするための複素ウェイト w_n^t を求めることは、公知の通り、次の数4と数5とに示す評価関数 F を最小にする複素ウェイト w_n^t を求めることと等価である。

【数4】 $F = (|Y|^2 - P_0)^2$

ここで、数4に数3で表された合成電界 Y を代入すると、次の数5を得る。

【数5】

$$F = (|\sum_{n=1}^N w_n \cdot X_n|^2 - P_0)^2$$

【0032】従って、複素ウェイト w_n^t を次の数6に従って、次の時刻の複素ウェイト $w_n^{(t+1)}$ に更新して次の時刻の受信信号 $X_n^{(t+1)}$ を演算することによって、信号波の包絡線を所望の形にして不要波の到来方向の放射パターンにおける受信レベルを零にすることができる。

【数6】

$w_n(t+1) = w_n t - \mu X_n^* \cdot (|Y|^2 - P_0) \cdot Y$
 ここで、 μ はシステムによって決定される定数であり、 X_n^* は複素数で表された受信信号 X_n の共役複素数である。

【0033】なお、CMアルゴリズムを用いた場合、公知の通り、マルチビームのビーム数から1を引いた数の零点を放射パターンにおいて形成することができる。

【0034】以上述べたように、適応制御プロセッサ13は、CMアルゴリズムを用いて、同相分配回路12から出力されるビーム電界値 $SE A_n$ ($n=1, 2, \dots, N$)に基づいてアレーアンテナ1の主ビームを希望波の所望の方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向の受信レベルを零にするような各ビームに対応する受信信号に対する複数 N 個のウエイト w_n ($n=1, 2, \dots, N$)を演算して、位相演算プロセッサ14と各可変利得増幅器20とに出力する。

$$wb_m = \sum_{n=1}^N w_n \cdot \exp[-j(2\pi \cdot fr/c) \cdot (d_n \cdot r_m)],$$

$$m=1, 2, \dots, M$$

【0036】数7において、受信周波数 fr を送信周波数 ft に置き換えれば、送信時においても希望波の放射方向に主ビームを向けることができかつ不要波の到来方向に零点が形成された放射パターンを得ることができる。この原理についてさらに詳細に以下に説明する。

【0037】図5の(a)は受信時において希望波の放射方向に主ビームが向けられたときの適応制御前の初期の放射パターンであり、この初期の放射パターンは、図5の(b)に示す複数のビーム E_1, E_2, \dots, E_N に対してそれぞれ受信信号に対するウエイト w_1, w_2, \dots, w_N を掛けてそれらの和を演算することによって重ね合わせして得ることができる。さらに、図5の(a)の初期の放射パターンに対して適応制御プロセッサ13によって演算された受信信号に対するウエイト w_n を各ビーム電界値 E_n 毎に掛けることによって、すなわち可変利得増幅器20によってウエイト w_n に比例する利得で増幅することによって主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波を抑圧したときの所望の受信信号を得ることができる。

【0038】ところで、希望波の到来方向である相手方の無線局の方向は送信信号の放射方向であり、干渉波な

$$Z_m = \sum_{n=1}^N w_n \cdot \exp[-j(2\pi \cdot ft/c) \cdot (d_n \cdot r_m)],$$

$$m=1, 2, \dots, M$$

であり、 $Re(Z_m)$ は複素数 Z_m の実数成分であり、 I

【0035】さらに、位相演算プロセッサ14は、適応制御プロセッサ13から出力される複数 N 個のウエイト w_n ($n=1, 2, \dots, N$)に基づいてアレーアンテナ1の主ビームを希望波の所望の方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向の送信レベルを零にするような各アンテナ素子100に対応する送信信号に対する移相量 DP_m を以下のようにして演算して各送受信モジュール $RM-m$ の移相器5に出力する。すなわち、次の数7を用いて、受信信号に対するウエイトに対して、マルチビームを形成するための各方向ベクトル d_n に対応するウエイトを乗算してすべての方向ベクトルについての和を計算することによって、アレーアンテナ1の各アンテナ素子100で受信した受信信号に与えるべきウエイト wb_m を演算することができる。

【数7】

どの不要波の到来方向に対して送信信号を送信しないように制御する必要があるので、送信信号の放射パターンは受信信号の放射パターンの相似形状となる。受信周波数 fr と送信周波数 ft とが互いに異なる場合であっても、受信信号と同一の方向に主ビームを有するビームを受信信号に対するウエイト w_n を掛けて重ね合わせることによって、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような、送信信号のための放射パターンを得ることができる。従って、数7における受信周波数 fr を送信周波数 ft を置き換えた後、その位相を計算することによって次の数8を得ることができ、本実施例においては、特に、詳細後述する理由で、送信信号に対して位相のみを制御することによって、送信信号の放射パターンを得ることを特徴としている。

【0039】

$$\text{【数8】 } DP_m = \tan^{-1} [Im(Z_m) / Re(Z_m)], m=1, 2, \dots, M$$

ここで、複素数 Z_m は、

【数9】

$m(Z_m)$ は複素数 Z_m の純虚数成分である。

【0040】上記位相演算プロセッサ14は、適応制御プロセッサ13によって演算された受信信号に対するウェイト w_{bm} に基づいて、上記数8を用いて送信信号の移相量 DP_m を演算して各送受信モジュール $RM-m$ の移相器5に出力する。これに応答して、移相器5は、位相演算プロセッサ14によって演算された移相量 DP_m だけ移相した後、高出力増幅器6とサーキュレータ2とを介してアレーアンテナ1内のアンテナ素子100に出力して当該送信信号を放射する。このとき放射される送信信号の放射パターンは、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような放射パターンである。

【0041】さらに、送信信号に対して位相のみを制御することによって、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような送信信号の放射パターンを得ることができる理由について以下に説明

$$\sum_{m=1}^M (1 + \Delta a_{0m}) \exp(j \Delta \phi_m) \cdot F_m = 0$$

【0044】上記数12から送信信号の励振位相のみを $\Delta \phi_m$ に設定したときの初期合成電界からの誤差合成電

$$E_{ep} = \sum_{m=1}^M \Delta a_{0m} \cdot \exp(j \Delta \phi_m) \cdot F_m$$

【0045】ここで、送信信号の放射パターンにおけるサイドローブ領域に零点を形成するためには、次の数14と数15が成立する。

$$\text{【数14】} \exp(j \Delta \phi_m) = 1 + j \Delta \phi_m$$

$$\text{【数15】} \Delta a_{0m} \cdot \Delta \phi_m < 1$$

【0046】上記数14と数15の条件を数13に代入すると、次の数16を得る。

【数16】

$$E_{ep} \approx \sum_{m=1}^M \Delta a_{0m} \cdot F_m$$

【0047】さらに、一般に、複素励振値の振幅変位 $\Delta a_{0m} < 1$ であるので、数16に適用すると、誤差合成電界 $E_{ep} < 1$ となる。このことは、送信信号に対して位相のみを制御することによって、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような送信信号の放射パターンを得ることができることを意味する。

【0048】以上のように構成された第1の実施例のアレーアンテナの制御装置を用いて、受信時の実施例の効果を確認するために行ったシミュレーションを行った計算結果を以下に説明する。

する。

【0042】まず、送信信号 F_m の放射パターンにおける適応制御前の初期の合成電界 E_0 を次の数10で表すことができる。

【数10】

$$E_0 = \sum_{m=1}^M F_m$$

【0043】次いで、送信信号 F_m の放射パターンにおいて零点を形成するための複素励振値 A_m を、複素励振値 A_m の振幅変位（実数値）を Δa_{0m} としかつその位相変位（実数値）を $\Delta \phi_m$ として次の数11で表すと、

$$\text{【数11】} A_m = (1 + \Delta a_{0m}) \exp(j \Delta \phi_m) \cdot F_m, m=1, 2, \dots, M$$

送信信号の放射パターンにおいて零点を形成したときの合成電界は次の数12で表される。

【数12】

界 E_{ep} は次の数13で表される。

【数13】

【0049】例えば図1のアレーアンテナ1を図2のように配列したときにマルチビーム形成回路10によって形成された、Z軸に平行な水平方向の4個のマルチビームの放射パターンを示す。ここで、各放射パターンの主ビームの放射角度 θ は次の通りである。

(a) $n=1$ の放射パターン（実線）： $\theta=0^\circ$

(b) $n=2$ の放射パターン（点線）： $\theta=-30^\circ$

(c) $n=3$ の放射パターン（2点鎖線）： $\theta=-50^\circ$

(d) $n=4$ の放射パターン（1点鎖線）： $\theta=-50^\circ$

図3から明らかなように、放射角度 θ が -90° から $+90^\circ$ までの範囲で、少なくとも4個の放射パターンで受信信号をアレーアンテナ1の主ビームを機能は方向に向けることができることがわかる。

【0050】次いで、受信系の内部雑音を -20 dB （第1波の受信電力を 0 dB としたときの相対電力値）としかつ表1に示す電波環境において、相手方の無線局から第1波を受信した後、当該第1波が他の物体で反射されて到来した第2波を受信したときの受信信号の放射パターンを図4に示す。

【0051】

【表1】

信号波の種類 受信相対電力 (dB) 放射角度 (°) 遅延時間

第1波	0	20	0
第2波	-3	-45	1.6

(注) 遅延時間の単位は、伝送信号の1タイムスロットである。

【0052】図4において、点線は色の放射パターンを示し、実線は本実施例の制御装置で適応制御したときの適応制御後の放射パターンを示す。図4から明らかなように、初期の放射パターンにおいては第2波の放射角度では電界値が大きい、適応制御後の放射パターンでは大幅に低下して第2波の放射角度で零点を形成している。すなわち、主ビームを希望波の第1波に向けかつ不要波の第2波の到来方向では零点を形成しており、当該第2波を大幅に抑圧していることがわかる。

【0053】従って、本実施例においては、以下の特有の効果を有する。

(1) 送信周波数 f_t が受信周波数 f_r と異なる場合であっても、アレーアンテナ1の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向では零点を形成しており、当該不要波を大幅に抑圧して受信しかつ送信することができる。

(2) 上記(1)によって、送信信号の放射パターンを上述のように適応制御することができるので、受信信号のみを適応制御する従来装置に比較して、当該無線通信回線のS/Nを大幅に改善することができ、回線品質を改善できる。従って、例えばデジタル無線回線の場合、ビット誤り率を大幅に改善することができる。また、特に移動体通信システムにおいて、追尾システムと組み合わせアレーアンテナ1の放射パターンの制御を、送信信号についても制御可能であるというより改善された手法で行うことができる。

(3) 送信系において送信信号の位相のみを制御し、その振幅を制御しないので、制御装置の装置構成を簡単にすることができる。

【0054】<第2の実施例>図9は、本発明に係る第2の実施例であるアレーアンテナの制御装置のブロック図であり、図9において図1と同一のものについては同一の符号を付している。この第2の実施例のアレーアンテナの制御装置は、図9に示すように、図1の第1の実施例に比較して、以下の点が異なる。

(a) 位相演算プロセッサ14に代えて振幅演算プロセッサ14aを設ける。

(b) 各送受信モジュールRM-mにおいて、高出力増幅器6に代えて、振幅変更可能型高出力増幅器6aを用いる。

(c) 各送受信モジュールRM-mにおいて、移相器5を設けず、同相分配器30から出力される複数M個の送信信号 F_1 乃至 F_M はそれぞれ直接に振幅変更可能型高出

力増幅器6aに入力される。以下、上記相違点について詳細に説明する。

【0055】この第2の実施例においては、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような、送信信号のための放射パターンを得るために、数9の右辺の振幅量 DA_m (次の数17参照。)を用いて送信信号に対して振幅のみを制御することによって、送信信号の放射パターンを得ることを特徴としている。

【数17】 $DA_m = |Z_m|$, $m=1, 2, \dots, M$

【0056】上記振幅演算プロセッサ14aは、適応制御プロセッサ13によって演算された受信信号に対するウェイト w_{bm} に基づいて、上記数17を用いて送信信号の振幅量 DA_m を演算して各送受信モジュールRM-mの振幅変更可能型高出力増幅器6aに出力する。これに応答して、増幅器6aは、各送信信号 F_1 乃至 F_M の振幅量が上記振幅量 DA_m となるように変更して電力増幅した後、サーキュレータ2を介してアレーアンテナ1内のアンテナ素子100に出力して当該送信信号を放射する。このとき放射される送信信号の放射パターンは、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような放射パターンである。

【0057】さらに、送信信号に対して振幅のみを制御することによって、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような送信信号の放射パターンを得ることができる理由について以下に説明する。

【0058】まず、送信信号 F_m の放射パターンにおける適応制御前の初期の合成電界 E_0 を上記数10で表すことができる。次いで、送信信号 F_m の放射パターンにおいて零点を形成するための複素励振値 A_m を、複素励振値 A_m の振幅変位 (実数値) を Δa_{0m} としかつその位相変位 (実数値) を $\Delta \phi_m$ とし上記数11で表すと、送信信号の放射パターンにおいて零点を形成したときの合成電界は上記数12で表される。そして、上記数12から送信信号の励振振幅のみを $(1 + \Delta a_{0m})$ に設定したときの初期合成電界からの誤差合成電界 E_e は次の数18で表される。

【数18】

$$\begin{aligned}
 E e a &= \sum_{m=1}^M (1 + \Delta a_{0m}) \cdot \exp(j \Delta \phi_m) \cdot F_m \\
 &\quad - \sum_{m=1}^M (1 + \Delta a_{0m}) \cdot F_m \\
 &\approx \sum_{m=1}^M (1 + \Delta a_{0m}) \cdot F_m \cdot (1 + j \Delta \phi_m - 1) \\
 &= \sum_{m=1}^M (1 + \Delta a_{0m}) \cdot F_m \cdot j \Delta \phi_m
 \end{aligned}$$

【0059】ここで、上記数15が成立すると仮定し、上記数15の条件($\Delta a_{0m} \cdot \Delta \phi_m < 1$)を数18に代入すると、次の数19を得る。

【数19】

$$E e a \approx \sum_{m=1}^M \Delta \phi_m \cdot F_m$$

【0060】さらに、一般に、複素励振値の位相変位 $\Delta \phi_m < 1$ であるので、数19に適用すると、誤差合成電界 $E e a < 1$ となる。このことは、送信信号に対して振幅のみを制御することによって、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような送信信号の放射パターンを得ることができることを意味する。従って、第2の実施例においても、第1の実施例と同様の効果を有する。

【0061】<第3の実施例>図10は、本発明に係る第3の実施例であるアレーアンテナの制御装置のブロック図であり、図10において図1と同一のものについては同一の符号を付している。この第3の実施例のアレーアンテナの制御装置は、図10に示すように、図1の第1の実施例に比較して、以下の点が異なる。

(a) 位相演算プロセッサ14に代えて振幅及び位相演算プロセッサ14bを設ける。

(b) 各送受信モジュールRM-mにおいて、高出力増幅器6に代えて、振幅変更可能型高出力増幅器6aを用いる。以下、上記相違点について詳細に説明する。

【0062】この第3の実施例においては、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような、送信信号のための放射パターンを得るために、数17の振幅量 $D A_m$ 及び数8の位相量 $D P_m$ を用いて送信信号に対して振幅及び位相を制御することによって、送信信号の放射パターンを得ることを特徴としている。

【0063】上記振幅及び位相演算プロセッサ14b

は、適応制御プロセッサ13によって演算された受信信号に対するウエイト $w b_m$ に基づいて、上記数17を用いて送信信号の振幅量 $D A_m$ を演算して各送受信モジュールRM-mの振幅変更可能型高出力増幅器6aに出力するとともに、上記数8を用いて送信信号の位相量 $D P_m$ を演算して各送受信モジュールRM-mの移相器5に出力する。これに応答して、増幅器6aは第2の実施例と同様に動作する一方、移相器5は第1の実施例と同様に動作する。従って、各送信信号 F_1 乃至 F_M は、移相器5と増幅器6aとサーキュレータ2とを介してアレーアンテナ1内のアンテナ素子100に出力して当該送信信号を放射する。このとき放射される送信信号の放射パターンは、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような放射パターンである。また、誤差合成電界 $E e p$ 、 $E e a$ に対応する第3の実施例における誤差合成電界 $E e$ はゼロとなる。

【0064】図11は、第3の実施例のアレーアンテナの制御装置における送信放射パターンと、受信ウエイト w_n をそのまま与えたときの従来技術の送信放射パターンとを示すシミュレーション結果のグラフである。当該送信放射パターンは、第1の実施例と同様の電波環境において、相手方の無線局から第1波を受信した後、当該第1波が他の物体で反射されて到来した第2波を受信したときの送信信号の放射パターンである。

【0065】図11から明らかなように、送信信号に対して適応制御を行わずにそのまま受信ウエイトを与えたときの従来技術の送信放射パターンでは、上記第2波の放射角度における相対出力電力は-23.02dBとなっているが、適応制御を行った第3の実施例の送信放射パターンでは、上記第2波の放射角度における相対出力電力は-34.02dBとなっている。すなわち、干渉波である第2波の放射角度における送信電力を大幅に減衰させ、これによって、第2波から送信信号波への影響を大幅に軽減することができるということがわかる。

【0066】以上説明したように、第3の実施例におい

ては、送信信号に対して振幅及び位相をとともに制御するので、第1の実施例や第2の実施例と比較して構成は若干複雑となるが、第1の実施例で述べた効果(1)、

(2)を有する一方、上述のように、誤差合成電界 E_e はゼロとなり、完全に干渉波の影響を除去することができる。

【0067】<第3の実施例と従来技術における干渉波の受信レベルの比較>以下、送信信号に対して上記数9で表される複素ウエイト Z_n を与えたときの第3の実施例の場合と、送信信号に対して受信ウエイト w_n を与え

$$E_{ct} = [1 - f(\Delta f \cdot x_1)] \cdot f(x_1 - x_0) + (\Delta f) \cdot x_1 \cdot f'(x_1 - x_0)$$

【0069】ここで、

$$\text{【数22】 } \Delta f = |f_t - f_r|$$

$$f(x) = (1/N) \cdot \{\sin(Nx) / \sin(x)\}$$

【数24】

$$f'(x) = (1/N) \cdot \{N \cos(Nx) / \sin(x) - \sin(Nx) \cdot \cos(x) / \sin^2(x)\}$$

であり、主ビームの放射方向 θ_0 と干渉波の到来方向 θ_1 はそれぞれ次の数25、数26で表される x_0 、 x_1 に規格化した。

$$\text{【数25】 } x_0 = \pi / \lambda \cdot d \cdot \sin(\theta_0)$$

$$\text{【数26】 } x_1 = \pi / \lambda \cdot d \cdot \sin(\theta_1)$$

ここで、 λ は受信周波数の波長であり、 d はアンテナ素子100の素子間隔である。

【0070】上記数20と数21とを比較すると、第3の実施例の場合の干渉波の受信レベル E_{pt} は (Δf) の1次項のみで表されるが、従来技術の場合の干渉波の受信レベル E_{ct} は、上記 (Δf) の1次項にさらに、 $[1 - f(\Delta f \cdot x_1)] \cdot f(x_1 - x_0)$ の項が加わる。従って、第3の実施例の場合の干渉波の受信レベル E_{pt} は、従来技術の場合の干渉波の受信レベル E_{ct} に比較して小さいことがわかる。これによって、第3の実施例においては、干渉波の受信レベルを小さくすることができる。

【0071】<変形例>以上の実施例において、受信周波数 f_r と送信周波数 f_t とは互いに異なるように設定しているが、本発明はこれに限らず、同一であっても、上述の作用効果を実現することができる。以上の第2と第3の実施例において、振幅変更可能型高出力増幅器6aを用いているが、本発明は、これに限らず、少なくとも送信信号の振幅量を各アンテナ素子100に対応して変更する振幅変更手段を備えればよい。当該振幅変更手段は、例えば、減衰器、又は減衰器と増幅器の組み合わせ回路などである。

【0072】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、所定の配置形状で近接して並置された所定の複数M個のアンテナ素子からなるアレーアンテナを制御するための制御方法であって、上記アレーアンテナの各アンテナ素子でそれぞれ受信された複数M個の受信信号と、希望波を所定の放射角度の範囲で受信できるように予め決められ

たときの従来技術の場合の、主ビームを基準とした干渉波の受信レベル(いわゆる、零深度と呼ばれる。)を比較する。

【0068】第3の実施例の場合の干渉波の受信レベル E_{pt} と従来技術の場合の干渉波の受信レベル E_{ct} はそれぞれ、次の数20、数21で表わされる。

$$\text{【数20】 } E_{pt} = (\Delta f) \cdot (x_1 - x_0) \cdot f'(x_1 - x_0)$$

【数21】

【数23】

た形成すべき所定の複数N個のビームの各主ビームの方向と、受信信号の受信周波数とに基づいて、上記複数N個のビーム電界値を演算し、上記演算された上記複数N個のビーム電界値を所定のしきい値と比較することによって、当該しきい値以上のビーム電界値のみを選択して出力し、上記選択されて出力されるビーム電界値に基づいて上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の受信信号のレベルを零にするような上記複数N個のビームにそれぞれ対応する、受信信号に対する複数N個のウエイトを演算し、上記演算された受信信号に対する複数N個のウエイトと送信信号の送信周波数とに基づいて、上記アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ不要波の到来方向の送信信号のレベルを零にするような上記各アンテナ素子に対応する、送信信号に対する複数M個の移相量と複数M個の振幅量のうちの少なくとも一方を演算して設定することによって、上記アレーアンテナの送信信号の放射パターンを制御する。

【0073】従って、本発明に係るアレーアンテナの制御方法と制御装置は、以下の特有の効果を有する。

(1) 送信周波数が受信周波数と異なる場合であっても、アレーアンテナの主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向では零点を形成しており、当該不要波を大幅に抑圧して受信しかつ送信することができる。

(2) 上記(1)によって、送信信号の放射パターンを上述のように適応制御することができるので、受信信号のみを適応制御する従来装置に比較して、当該無線通信回線のS/Nを大幅に改善することができ、回線品質を改善できる。従って、例えばデジタル無線回線の場合、ビット誤り率を大幅に改善することができる。また、特に移動体通信システムにおいて、追尾システムと組み合わせアレーアンテナの放射パターンの制御を、送信信号についても制御可能であるというより改善された手法

で行うことができる。

(3) 送信系において送信信号の位相のみを制御する場合、その振幅を制御しないので、制御装置の装置構成を簡単にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施例であるアレーアンテナの制御装置のブロック図である。

【図2】 図1のアレーアンテナ1の一例を示す平面図である。

【図3】 図1の制御装置におけるマルチビームの放射パターンを示す図である。

【図4】 図1の制御装置における受信時に適応制御したときの放射パターンを示す図である。

【図5】 図1の制御装置におけるビームの重ね合わせの原理を説明するための(a)初期パターンと(b)重畳パターンと(c)零点形成パターンとを示す放射パターン図である。

【図6】 従来例のフェーズドアレーレーダ装置のブロック図である。

【図7】 図6のフェーズドアレーレーダ装置における適応制御の原理を説明するための(a)主ビームと(b)補助ビームの放射パターン図である。

【図8】 図6の従来例の高出力電力増幅器の入出力特性を示すグラフである。

【図9】 本発明に係る第2の実施例であるアレーアンテナの制御装置のブロック図である。

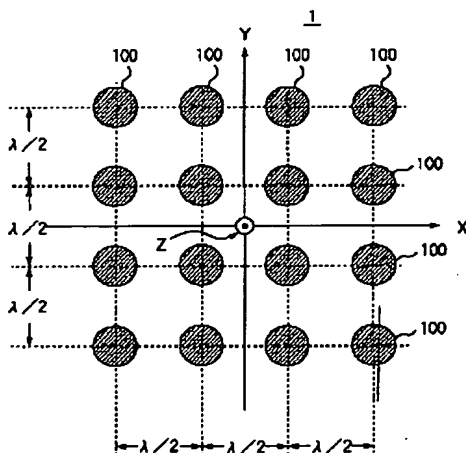
【図10】 本発明に係る第3の実施例であるアレーアンテナの制御装置のブロック図である。

【図11】 第3の実施例のアレーアンテナの制御装置における送信放射パターンと、受信ウエイトをそのまま与えたときの従来技術の送信放射パターンとを示すシミュレーション結果のグラフである。

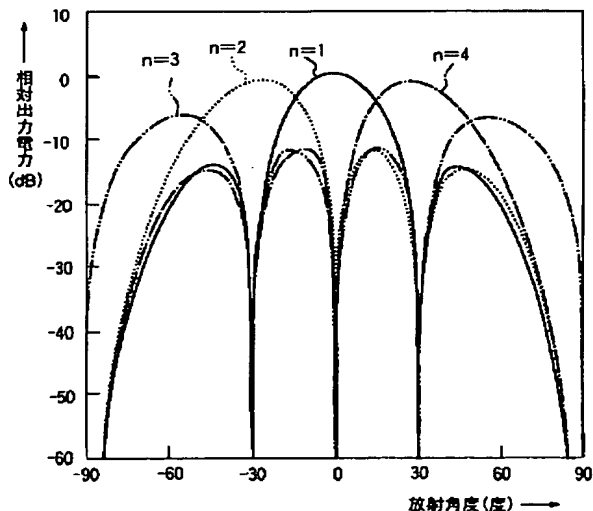
【符号の説明】

- 1…アレーアンテナ、
- 2…サーキュレータ、
- 3…受信機、
- 4…アナログ/デジタル変換器(A/D変換器)、
- 5…移相器、
- 6…高出力増幅器、
- 6a…振幅変更可能型高出力増幅器、
- 10…マルチビーム形成回路、
- 11…ビーム選択回路、
- 12…同相分配回路、
- 13…適応制御プロセッサ、
- 14…位相演算プロセッサ、
- 14a…振幅演算プロセッサ、
- 14b…振幅及び位相演算プロセッサ、
- 20-1乃至20-N…可変利得増幅器、
- 21…同相合成器、
- 30…同相分配器、
- 100, 100-1乃至100-M…アンテナ素子、
- RM-1乃至RM-M…送受信モジュール。

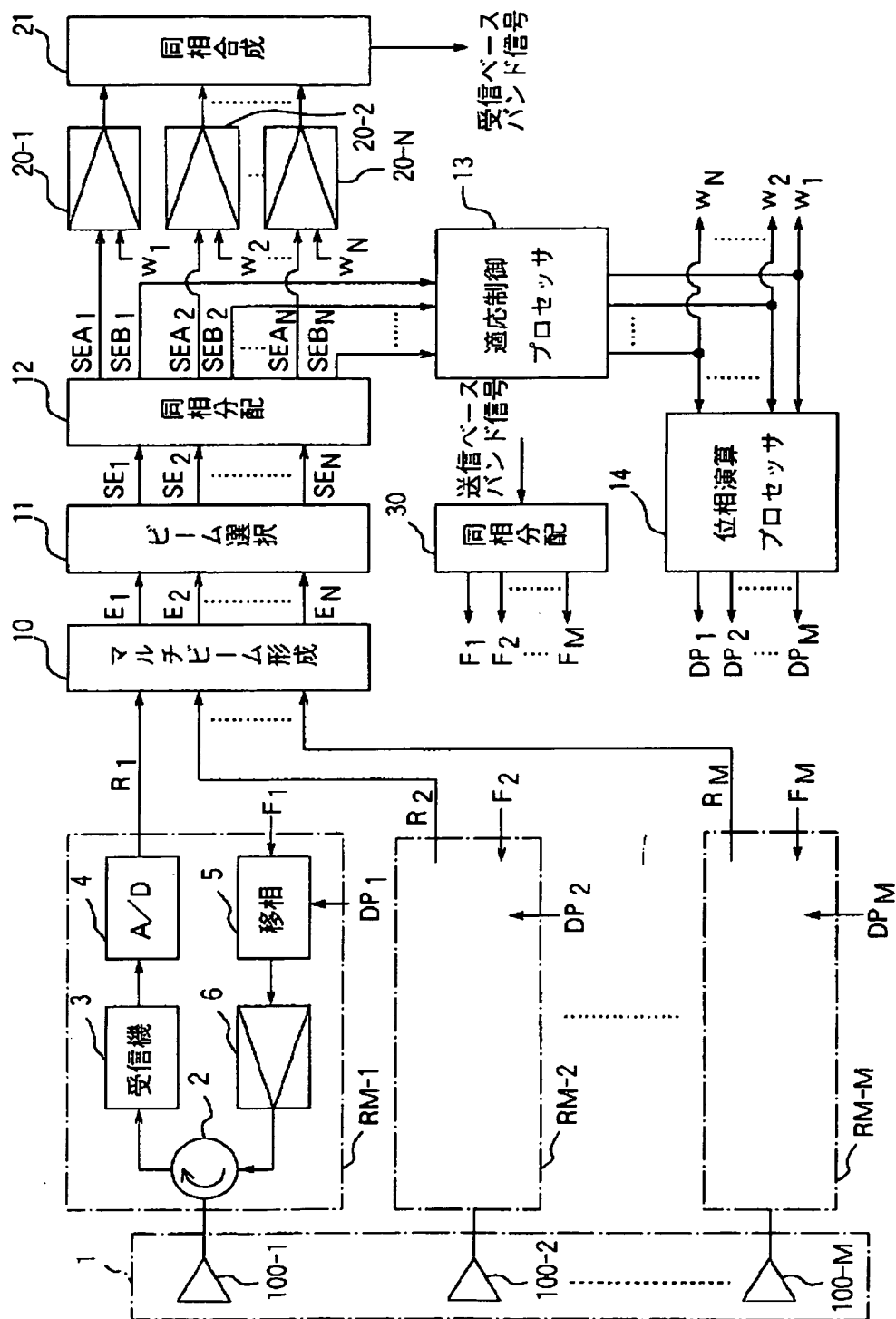
【図2】



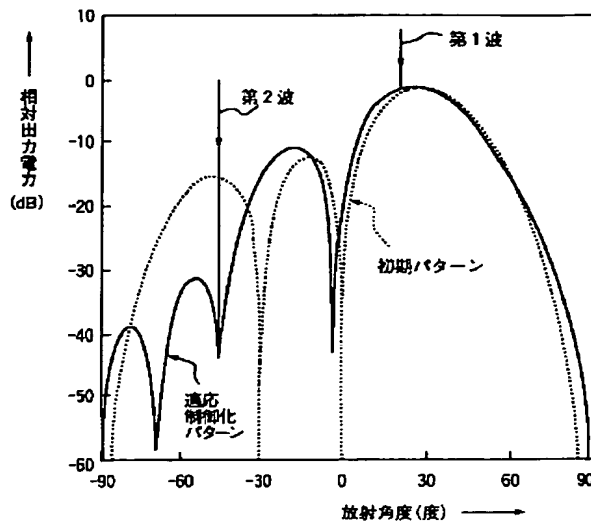
【図3】



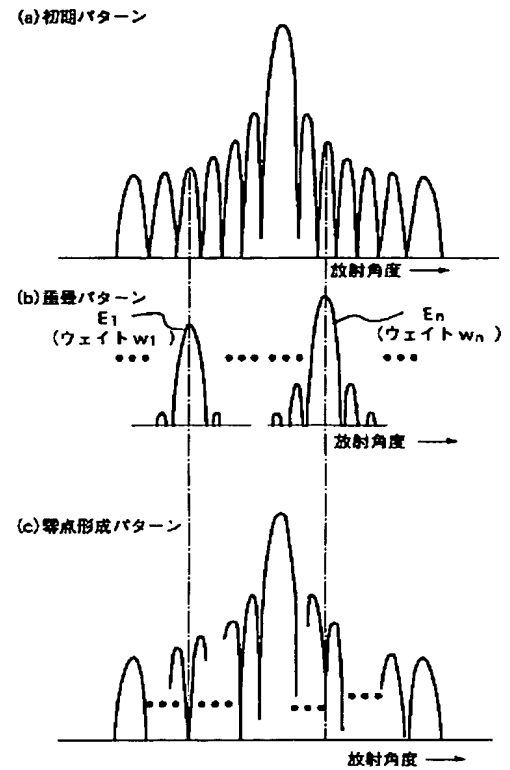
【図 1】



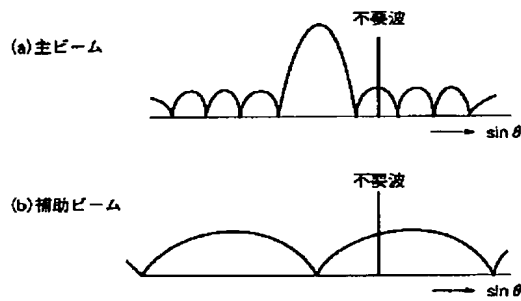
【図4】



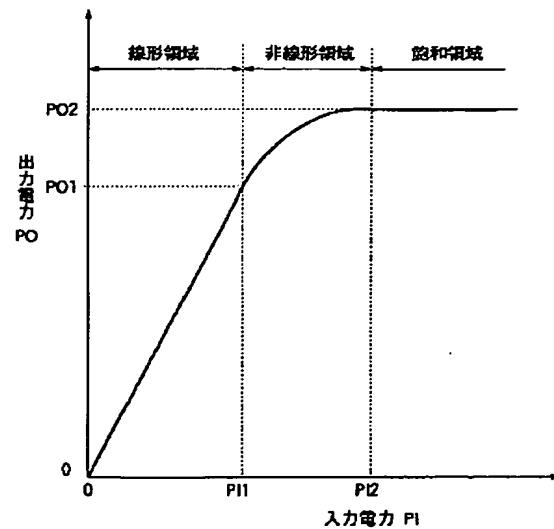
【図5】



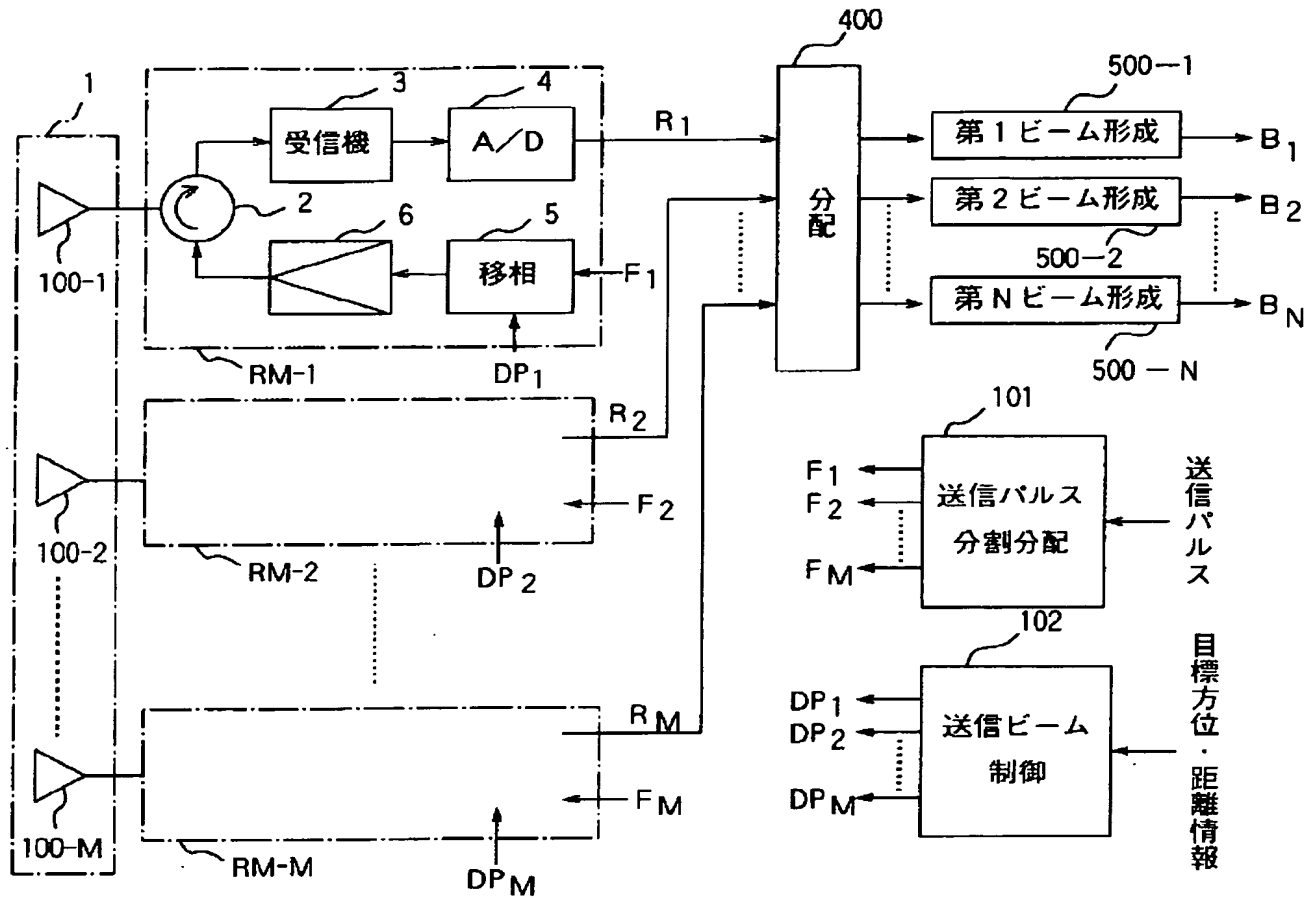
【図7】



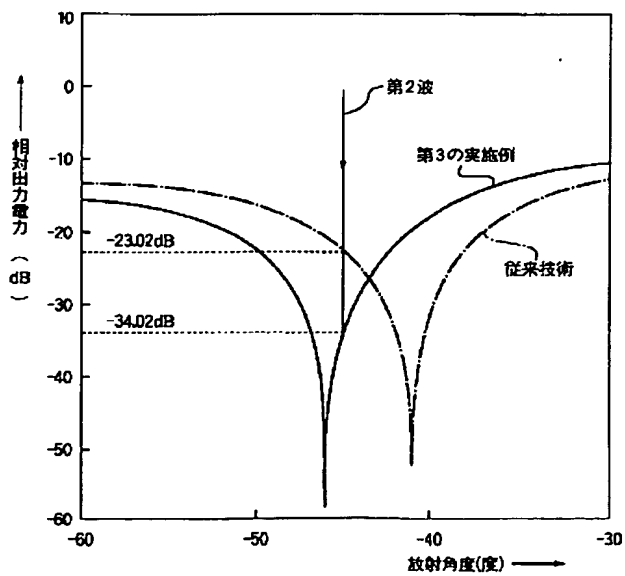
【図8】



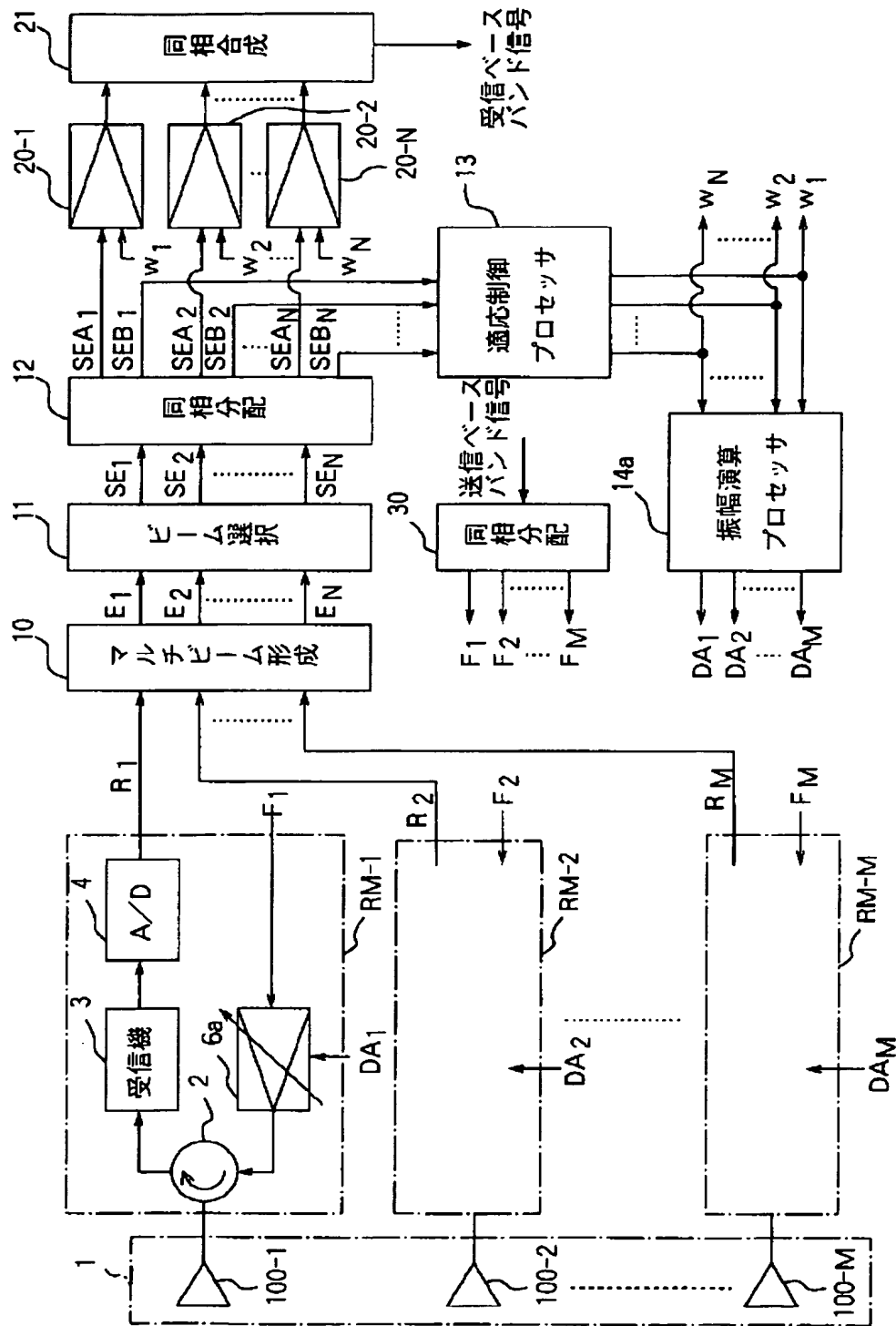
【図6】



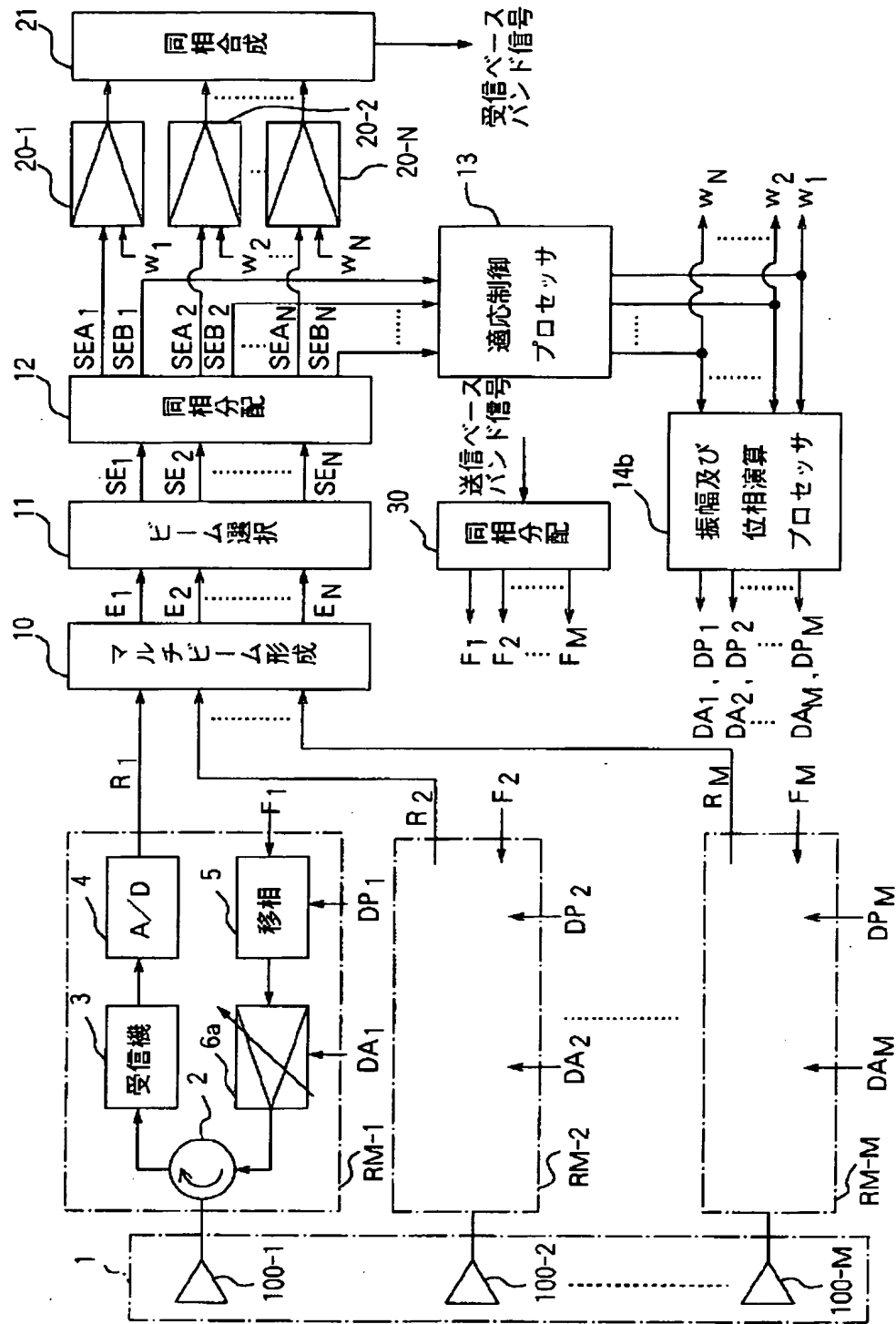
【図11】



【図9】



【図10】



【手続補正書】

【提出日】平成5年10月28日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正内容】

【0038】ところで、希望波の到来方向である相手方の無線局の方向は送信信号の放射方向であり、干渉波などの不要波の到来方向に対して送信信号を送信しないように制御する必要があるので、送信信号の放射パターンは受信信号の放射パターンの相似形状となる。受信周波数 f_r と送信周波数 f_t とが互いに異なる場合であっても、受信信号と同一の方向に主ビームを有するビームを受信信号に対するウェイト w_n を掛けて重ね合わせることによって、送信信号の主ビームを希望波の到来方向に向けかつ干渉波などの不要波の到来方向に送信信号の放射パターンの零点を形成するような、送信信号のための放射パターンを得ることができる。従って、数7における受信周波数 f_r を送信周波数 f_t で置き換えた後、その位相を計算することによって次の数8を得ることができ、本実施例においては、特に、詳細後述する理由で、送信信号に対して位相のみを制御することによ

て、送信信号の放射パターンを得ることを特徴としている。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】例えば図1のアレーアンテナ1を図2のように配列したときにマルチビーム形成回路10によって形成された、Z軸に平行な水平方向の4個のマルチビームの放射パターンを示す。ここで、各放射パターンの主ビームの放射角度 θ は次の通りである。

(a) $n=1$ の放射パターン（実線）： $\theta=0^\circ$ (b) $n=2$ の放射パターン（点線）： $\theta=-30^\circ$ (c) $n=3$ の放射パターン（2点鎖線）： $\theta=-50^\circ$ (d) $n=4$ の放射パターン（1点鎖線）： $\theta=-50^\circ$

図3から明らかなように、放射角度 θ が -90° から $+90^\circ$ までの範囲で、少なくとも4個の放射パターンで受信信号をアレーアンテナ1の主ビームを希望波方向に向けることができることがわかる。

フロントページの続き(51)Int.Cl.⁵

// H01Q 3/38

識別記号

庁内整理番号

7015-5J

FI

技術表示箇所